

Research Paper



Effect of Eight Weeks of Plyometric and Resistance Training Methods on Selected Biomechanical Variables of Adolescent Male Runners

Mohammad Reza Sadeghkhan<sup>1</sup>, \*Heydar Sadeghi<sup>2,3</sup>, Hassan Matin Homae<sup>4</sup>

1. Department of Sports Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Biomechanics and Sport Pathology, Faculty of Physical Education and Sports Science, Kharazmi University, Tehran, Iran.
3. Department of Biomechanics and Sport Pathology, Kinesiology Research Center, Kharazmi University, Tehran, Iran.
4. Department of Sports Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.



**Citation** Sadeghkhan MR, Sadeghi H, Matin Homae H. [Effect of Eight Weeks of Plyometric and Resistance Training Methods on Selected Biomechanical Variables of Adolescent Male Runners (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; 11(5):716-727. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.5.11>

**doi** <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.5.11>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

ABSTRACT

**Background and Aims** Running sport is one of the basic and medal-winning sports. For success in this sport, it requires to improve the performance of athletes in young ages. This study aims to assess the effect of eight weeks of two plyometric and resistance training methods on selected biomechanical variables (flexibility, balance, power, and speed) of adolescent male runners.

**Methods** This is a quasi-experimental study with a pre-test/post-test design using a control group. The study population consists of all adolescent male runners aged 12-17 years attending the training sessions of youth teams active in the league competitions in Tehran, Iran. Of these, 45 were selected and randomly divided into three groups of plyometric training (n=15), resistance training (n=15) and control (n=15). The training programs were presented to the training groups for eight weeks, three sessions per week, each for 45 minutes, while the control group participated in their routine training of their teams. The Sargent jump test was used to evaluate their power; the 30-m sprint test was used to evaluate their speed; the star excursion balance test was used to evaluate their dynamic balance, and the sit and reach test was used to evaluate their flexibility. To analyze the collected data, descriptive statistics (mean and standard deviation) and analysis of covariance and Bonferroni post hoc test were used in SPSS software, version 24.

**Results** The eight weeks of two plyometric and resistance training methods had a significant effect on the selected biomechanical variables of adolescent male runners in the training groups compared to the control group. The results of post hoc test showed that the plyometric training was more effective than the resistance training.

**Conclusion** Plyometric and resistance training methods can be helpful in improving the physical performance of adolescent male runners and increase their records.

**Keywords** Plyometric training, Resistance training, Biomechanics, Runners

Received: 13 Apr 2021

Accepted: 20 Jun 2021

Available Online: 22 Nov 2022

\* Corresponding Author:

Heydar Sadeghi, PhD.

Address: Department of Biomechanics and Sport Pathology, Faculty of Physical Education and Sports Science, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 2453 175

E-Mail: [h.sadeghi@khu.ac.ir](mailto:h.sadeghi@khu.ac.ir), [sadeghih@yahoo.com](mailto:sadeghih@yahoo.com)

## Extended Abstract

### Introduction

**A**thletes need to train optimally to have optimal performance. On the other hand, athletes who have high-intensity training may have a significant drop in their functional capacity or experience a negative training adaptation. Trainers always seek to determine the appropriate intensity and method of training to improve the performance of athletes and help them achieve optimal training capacity. The results of studies show that increased muscle strength, muscular endurance, and flexibility has positive effects on the cardiovascular system and reduces musculoskeletal injuries. Athletes often need a training program to reach maximum fitness in a short period for preparing for competitions. In such conditions, a proper training program is considered as an effective way to achieve functional goals. Plyometric and resistance training methods are the training programs for improving the physical performance of young athletes. Plyometric training consist of eccentric muscle contraction followed by concentric muscle contraction. The combination of eccentric and concentric muscle contractions create the most common type of muscle action called the stretch-shortening cycle. These training methods are a type of neuromuscular exercises that increase explosive power to use maximum effort in minimal time.

### Materials and Methods

This is a quasi-experimental study with a pre-test/post-test design using a control group. The study population consists of all adolescent male runners aged 12-17 years attending the training sessions of youth teams active in the league competitions in Tehran, Iran. Of these, 45 eligible runners were randomly selected and purposively (based on the pre-test scores) were assigned into three groups of plyometric training (n=15), resistance training (n=15) and control (n=15). Their information including medical history, drug use, and history of supplement use were recorded. All samples were in good health with no special complications. All samples became familiar with the training protocols and the correct execution of the movements in one session. During the training period, the principle of overload was observed. The control group performed no special training; they were asked to perform their routine training.

### Results

The results showed that eight weeks of both plyometric and resistance training had a significant effect on selected biomechanical variables of adolescent male runners in the intervention groups compared to the control group. The results of post hoc test showed that the plyometric training was more effective than the resistance training .

### Discussion

The purpose of this study was to investigate the effect of eight weeks of plyometric training and resistance training on selected biomechanical variables (flexibility, balance, power, and speed) of adolescent male runners. The results showed that eight weeks of resistance training and eight weeks of plyometric training had a significant effect on these variables. Previous studies have also reported that plyometric training improves physical performance in adolescent athletes. In order to explain the obtained results, it can be said that the improvement of the selected biomechanical variables by plyometric training can be due to several factors, including the increased strength of thigh, knee and ankle extensors caused by increased muscle fibers, and calling more motor units. It can also be related to the concentric muscle contraction; in plyometric training, there are two types of eccentric and concentric muscle contractions. In the eccentric contraction, where the quadriceps and biceps muscles are quickly stretched, the elastic components are also stretched. Therefore, a part of the force is stored in the form of elastic potential energy; this energy is released in the concentric muscle contraction and causes an increase in power and movement speed. The neuromuscular coordination resulting from plyometric training can improve the physical-motor skills. Therefore, plyometric training can be included in the training program of adolescent male athletes in running sports and improve their physical factors. The plyometric training was shown to be more effective than resistance training. In this regard, it can be said that plyometric training, by increasing the elasticity of muscles and improving muscle function, reduces the time to reach maximum power during execution. Moreover, by involving more muscle fibers and activating muscle spindles, it creates more neuromuscular adaptations compared to resistance training, and finally causes better preparation of the neuromuscular system [14]. The trainers in running sports are recommended to include resistance and plyometric training methods in the training programs of athletes.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

Ethical considerations were considered according to the instructions of the Ethics Committee of [Islamic Azad University](#) and obtained its ethical approval from the ethics committee of Sport Sciences Research Institute (code: IR.SSRC.REC.1399.105).

### Funding

This article was extracted from the thesis of approved by Department of Sports Biomechanics, [Islamic Azad University, Central Tehran Branch](#).

### Authors' contributions

All authors contributed equally in preparing all parts of the research.

### Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

### Acknowledgments

The coaches, athletes and respected families of people participating in the research are thanked and appreciated.

مقاله پژوهشی

تأثیر ۸ هفته آزمایش پلايومتریک و مقاومتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی پسران نوجوان ورزشکار

محمد رضا صادق‌خانی<sup>۱</sup>، \*حیدر صادقی<sup>۲،۳</sup>، حسن متین‌همای<sup>۴</sup>

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۳. گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۴. گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online



**Citation** Sadeghkhani MR, Sadeghi H, Matin Homae H. [Effect of Eight Weeks of Plyometric and Resistance Training Methods on Selected Biomechanical Variables of Adolescent Male Runners (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; 11(5):716-727. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.5.11>

**doi** <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.5.11>

چکیده



**مقدمه و اهداف** رشته ورزشی دو و میدانی، از جمله رشته‌های ورزشی پایه و پرمال در مسابقات جهانی و المپیک است و لازمه موفقیت در آن بهبود عملکرد ورزشکاران در سنین پایه است؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر، تأثیر ۸ هفته آزمایش پلايومتریک و مقاومتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و سرعت) پسران نوجوان ورزشکار (دو و میدانی) بود.

**مواد و روش‌ها** روش این پژوهش نیمه‌تجربی بود و با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری پژوهش را نوجوانان دو و میدانی کار ۱۲ تا ۱۷ ساله تشکیل دادند. نمونه آماری شامل ۴۵ نفر از نوجوانان تیم‌های فعال در لیگ‌های استان تهران بودند که به‌صورت تصادفی در ۳ گروه آزمایشات پلايومتریک، مقاومتی و کنترل (هر ۳ گروه با تعداد ۱۵ نفر) قرار گرفتند. در این مطالعه، برنامه آزمایشی شامل ۸ هفته آزمایش (هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه ۴۵ دقیقه) برای گروه‌های آزمایش بود. گروه کنترل نیز در تمرینات معمول تیم‌های خود شرکت کردند. برای بررسی توان از آزمون سارجنت، برای بررسی سرعت از آزمون دوی سرعت ۳۰ متر، برای بررسی تعادل پویا از آزمون تعادل تست ستاره و برای ارزیابی انعطاف‌پذیری از آزمون تخته انعطاف‌پذیری استفاده شد. برای تحلیل داده‌ها در کنار آمار توصیفی (میانگین، انحراف‌معیار و غیره) از آزمون تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی در نسخه ۲۴ نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

**یافته‌ها** نتایج پژوهش نشان داد ۸ هفته آزمایش پلايومتریک و مقاومتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی پسران نوجوان دو و میدانی کار نسبت به گروه کنترل اثر معناداری دارد. نتایج آزمون تعقیبی نشان داد گروه آزمایش پلايومتریک بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی نسبت به گروه آزمایش مقاومتی در پسران ۱۲ تا ۱۷ ساله اثربخشی بیشتری دارد.

**نتیجه‌گیری** نتایج پژوهش می‌تواند در زمینه ارتقای عملکرد جسمانی ورزشکاران نوجوان دوومیدانی مؤثر باشد و بهبود رکوردها را در رقابت‌های آن‌ها افزایش دهد.

**کلیدواژه‌ها** آزمایش پلايومتریک، آزمایش مقاومتی، متغیرهای منتخب بیومکانیکی، دو و میدانی

تاریخ دریافت: ۲۴ فروردین ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۳۰ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۱ آذر ۱۴۰۱

\* نویسنده مسئول:

دکتر حیدر صادقی

نشانی: تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی.

تلفن: ۲۴۵۳۱۷۵ (۹۱۲) ۹۸+

رایانامه: [sadeghih@yahoo.com](mailto:sadeghih@yahoo.com) / [sadeghi@khu.ac.ir](mailto:sadeghi@khu.ac.ir)

## مقدمه

ورزشکارانی که رشته‌های ورزشی آن‌ها دربرگیرنده یک نوع فعالیت واکنشی انفجاری است یا بدن آن‌ها نیاز به سرعت بالایی در پایان حرکت دارد، می‌توانند از انجام این گونه تمرین‌ها سود زیادی ببرند [۱۱]. با این حال، پژوهشگران متعددی از آزمایشات پلايومتریک در برنامه‌های آزمایشی خود استفاده کردند و طبق گفته آنها، این آزمایشات قابلیت‌های جسمانی ورزشکاران را افزایش می‌دهد [۳]. در این راستا، بسیاری از پژوهشگران از آزمایشات پلايومتریک برای بهبود قابلیت‌های حرکتی نوجوانان در رشته‌های مختلف استفاده کردند و این آزمایشات را بر بهبود عملکرد جسمانی ورزشکاران نوجوان اثربخش عنوان کردند [۵، ۶، ۱۱-۱۴].

از سویی، آزمایشات مقاومتی در کاهش مقدار فعالیت عضلانی جهت بار داده‌شده مؤثر است، یعنی می‌توان گفت به متابولیک کمتری برای تولید نیرو نیاز است. همچنین وقتی واحدهای حرکتی قوی‌تر شوند، واحدهای حرکتی کمتری برای تولید نیروی معین یا سرعت خاص استفاده می‌شوند و در نتیجه ذخیره واحد حرکتی در دسترس برای کارهای اضافی ایجاد می‌شود [۱۵] و این نوع تمرین، قدرت را از طریق سازگاری در هر ۲ سیستم عضلانی و عصبی افزایش می‌دهد [۹]. با این حال، هرچند که آزمایشات مقاومتی به‌طور معمول برای دوندگان دو و میدانی به کار گرفته نمی‌شود و به نظر می‌رسد که بیشتر از ۵۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی در تمرینات قدرتی وارد نمی‌شود [۱۶] و بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی از طریق این نوع آزمایشات بعید باشد، اما برخی شواهد نشان می‌دهد افزودن آزمایشات مقاومتی در برنامه تمرینی هوازی روی عملکرد ورزشکاران دو و میدانی تأثیر مثبتی دارد [۱۰].

تحقیقات در این زمینه نشان داد که به‌دنبال آزمایشات مقاومتی، ویژگی‌های عصبی-عضلانی [۱۷] توان هوازی و بی‌هوازی [۱۸]، کارایی حرکتی، حداکثر سرعت و عملکرد دوی ۵ هزار متر در دوندگان تمرین کرده بهبود می‌یابد [۸]. در عین حال، آزمایشات مقاومتی را بر بهبود آمادگی جسمانی و حرکتی نوجوانان اثربخش و مفید توصیف کردند [۱۹-۲۲]. با این حال و به‌طور کلی از آنجا که هدف ورزشکاران از شرکت در برنامه‌های تمرینی، بهبود عملکرد است، شناخت بهترین راهبردهای بهبود عملکرد و ارتقای سطح آمادگی و چگونگی تأثیر انواع آزمایشات بر این ویژگی‌ها در جهت ارائه برنامه‌های تمرینی مناسب از اهمیت و کاربرد خاصی برای مربیان و ورزشکاران برخوردار است.

با توجه به محدودیت‌های پژوهشی در حیطه بهبود متغیرهای منتخب بیومکانیکی در دو و میدانی کاران نوجوان و نیز عدم وجود پژوهشی در زمینه تأثیر این آزمایشات بر فاکتورهای آمادگی و عملکردی دو و میدانی کاران نوجوان، پژوهش حاضر ضروری انجام شد. امید است این پژوهش بتواند گام مؤثر و کوچکی در جهت کاهش خلأهای تحقیقاتی موجود در زمینه ورزش دو و میدانی به‌عنوان یک ورزش المپیکی مدال‌آور باشد.

به‌منظور کسب حداکثر عملکرد یا مهارت، ورزشکاران به‌طور کلی باید در حد مطلوب و بهینه‌ای تمرین کنند. ورزشکارانی که کمتر از حد مطلوب تمرین می‌کنند، ممکن است به پتانسیل ذاتی خود دست پیدا نکنند و در طرف مقابل، ورزشکارانی که تمرینات با حجم زیاد و بسیار شدید را دنبال می‌کنند نیز ممکن است افت چشمگیری در ظرفیت عملکردی خود داشته باشند یا سازگاری تمرینی منفی را تجربه کنند، اما مربیان همواره در پی تعیین حجم و شیوه تمرینی مناسب برای بهبود عملکرد ورزشکاران و دستیابی به ظرفیت بهینه تمرینی آن‌ها هستند [۱].

نتایج مطالعات نشان می‌دهد افزایش قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و انعطاف‌پذیری اثرات مثبتی بر سیستم قلبی-عروقی دارد و باعث کاهش آسیب‌های عضلانی و اسکلتی می‌شود [۲]. ورزشکاران نیز اغلب نیازمند یک برنامه تمرینی برای رسیدن به حداکثر آمادگی در یک دوره زمانی کوتاه پس از یک دوره کم تمرینی یا آماده شدن برای مسابقات هستند. در چنین شرایطی، به برنامه تمرینی مناسب به‌عنوان شیوه‌ای مؤثر برای دستیابی به اهداف عملکردی توجه می‌شود. در این راستا، آزمایشات پلايومتریک [۳] و مقاومتی [۴]، از جمله برنامه‌های تمرین هستند که برای بهبود عملکرد جسمانی نوجوانان ورزشکار مورد توجه قرار گرفته است. آزمایشات پلايومتریک عبارت است از کشیدن سریع عضله (عمل اکسنتریک) و بلافاصله کوتاه شدن یا انقباض کانسنتریک همان عضله. ترکیب پیاپی اعمال اکسنتریک و کانسنتریک متداول‌ترین نوع عملکرد عضله را شکل می‌دهد که چرخه کشش کوتاه شدن<sup>۱</sup> نامیده می‌شود [۵]. همچنین این آزمایشات نوعی آزمایشات عصبی-عضلانی هستند که برای افزایش توان انفجاری در جهت استفاده از توان حداکثر در حداقل زمان به کار می‌روند [۶].

آزمایشات پلايومتریک توانایی گروه‌های عضلانی را در پاسخ سریع‌تر و قوی‌تر به تغییرات عضلانی افزایش می‌دهد. این آزمایشات برای تولید واکنش انفجاری از بازتاب کششی استفاده می‌کنند. در واقع، این تمرین‌ها با تولید نیرو و شتاب زیاد در دامنه حرکتی برای بسیاری از حرکت‌های ورزشی مفید هستند [۷]. این نوع آزمایشات در خارج ساختن ورزشکار از حالت فلات فیزیولوژیکی استفاده می‌شوند [۸]. علاوه بر آن، آزمایشات پلايومتریک موجب انعطاف‌پذیری عضلانی می‌شود و دامنه حرکتی مفاصل را افزایش می‌دهد [۹]. همچنین امروزه اعتقاداتی مبنی بر محدودیت‌های جنسیت، سن، دوران بلوغ و عوامل دیگر بر نفی آزمایشات پلايومتریک منسوخ شده است [۱۰].

1. Stretch Shortening Cycle (SSC)

از این رو، تحقیق حاضر به دنبال پاسخ به ۲ سؤال اصلی است که آیا ۲ برنامه آزمایشی پلائیومتریک و مقاومتی بر فاکتورهای متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و قدرت) پسران نوجوان دو و میدانی کار تأثیر دارد؟ و آیا بین ۲ برنامه تمرینی تفاوتی وجود دارد؟

### مواد و روش‌ها

روش پژوهش حاضر به دلیل عدم کنترل برخی متغیرهای مداخله‌گر نیمه‌تجربی بوده است و با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری پژوهش را نوجوانان ورزشکار ۱۲ تا ۱۷ ساله تشکیل دادند. نمونه پژوهش شامل ۴۵ نفر از افراد واجد شرایطی که در دامنه سنی ۱۲ تا ۱۷ سال قرار داشتند و در تمرینات نوجوانان تیم‌های فعال در لیگ، به صورت تصادفی به عنوان نمونه آماری دعوت به همکاری شدند. این افراد به صورت هدفمند (همگن‌سازی با توجه به نمرات پیش‌آزمون) در ۳ گروه آزمایشات پلائیومتریک، مقاومتی و کنترل (هر ۳ گروه با تعداد ۱۵ نفر) قرار گرفتند.

اطلاعات مربوط به سوابق بیماری، مصرف دارو و سابقه مصرف مکمل آن‌ها بررسی شد. تمام افراد براساس پرسش‌نامه اطلاعات پزشکی از سلامت کامل برخوردار بودند و عارضه خاصی نداشتند. همه آزمودنی‌ها طی جلسه‌ای با پروتکل کار و اجرای صحیح حرکات آشنا شدند. در طول دوره تمرین، اصل اضافه بار و مقاومت فزاینده رعایت شد. گروه کنترل فقط در پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارزیابی شدند و برنامه تمرینی خاصی برای آن‌ها در نظر گرفته نشد و از آن‌ها خواسته شد که مثل گذشته، به تمرینات معمول در تیم‌های خود بپردازند.

در این مطالعه، برنامه آزمایشی شامل ۸ هفته آزمایش خاص برای هر یک از گروه‌ها بدین شرح بود: گروه کنترل، تمرینات معمول در تیم‌های ورزشی خود را انجام داده و پیگیری کردند و گروه‌های آزمایش، آزمایشات منتخب پلائیومتریک یا مقاومتی را نیز ۴۵ دقیقه شامل ۱۰ دقیقه صرف گرم کردن، ۳۰ دقیقه آزمایشات ویژه و ۵ دقیقه برگشت به حالت اولیه انجام دادند. آزمایشات به صورت ۳ روز در هفته در روزهای فرد و هنگام بعدازظهر انجام شد. برنامه آزمایش منتخب پلائیومتریک در ۱۱ حرکت براساس اصل اضافه بار طراحی شد و هر حرکت در ۳ دوره با ۱۰ تکرار ثابت در هر دوره در تمام هفته‌ها انجام شد. بین هر مرحله ۱ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد. آزمایشات ارائه‌شده شامل پرش سرعتی با ۱ و ۲ پا، پرش از وضعیت چمباتمه، جمع کردن زانو با پرش، پرش با پای باز به طرف جلو، پرش قیچی و غیره بود [۲۳].

همچنین برنامه آزمایش منتخب مقاومتی در ۳ دوره و با تعداد ۱۲ تکرار در هر دوره بود که طی آن آزمودنی‌ها آزمایشات مذکور را با ۶۰ درصد حداکثر قدرت انجام دادند، برای افزایش سرعت یا تندی حرکت باید بار تمرینی با مقدار وزنه حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد حداکثر قدرت ورزشکار باشد. بین دوره‌ها ۱ دقیقه و فواصل بین ایستگاه‌ها ۲ دقیقه استراحت فعال (نرمش و حرکات کششی) در نظر گرفته شده است و حرکات پرس پا، اکستنشن زانو، فلکشن زانو، بلند شدن روی پنجه پا با وزنه، اسکات و بلند شدن جفت پا با وزنه اجرا شد [۹].

پس از ۸ هفته آزمایش، از هر ۳ گروه در زمینه توان، سرعت، تعادل و انعطاف‌پذیری پس‌آزمون گرفته شد و نتایج حاصل در فرم مربوطه ثبت شد. برای بررسی توان از آزمون سارجنت، برای بررسی سرعت از آزمون دوی سرعت ۳۰ متر، برای بررسی تعادل پویا از آزمون تعادل تست ستاره<sup>۲</sup> و برای ارزیابی انعطاف‌پذیری از آزمون تخته انعطاف‌پذیری<sup>۳</sup> استفاده شد. این آزمون‌ها، آزمون‌هایی استاندارد برای این گروه سنی محسوب می‌شود.

### آزمون توان سارجنت

آزمودنی برای انجام آزمون روی کف پا می‌ایستد و تا آنجا که می‌تواند بدن خود را کشیده و با انگشت میانی علامتی روی دیوار می‌گذارد. سپس به حالت پرش درآمده و در یک وضعیت تعادلی مطلوب تا آنجا که توان دارد به سمت بالا پرش می‌کند و با دست کشیده دیوار را در بالاترین حد یا حداکثر ارتفاع دوباره با انگشتان دست خود لمس می‌کند و علامت دیگری بر بالای علامت نخست بر جای می‌گذارد. فاصله بین ۲ اثر انگشت رکورد او محسوب می‌شود. این آزمون ۳ بار تکرار می‌شود و بهترین رکورد به دست آمده به حساب امتیاز فرد گذاشته می‌شود.

### آزمون دوی سرعت ۳۰ متر

آزمون شامل دویدن ۳۰ متر و گذشتن از خط پایان با تمام سرعت همراه با زمان ثبت است. آزمودنی باید قبل از آزمون بدن خود را کاملاً گرم کرده باشد. شروع آزمون باید از موقعیت ایستا باشد، به طوری که ۱ پا از پای دیگر جلوتر باشد (حالت استارت ایستاده) و دقت شود که هر ۲ پای آزمودنی در پشت خط باشد (و نه روی خط). آزمونگر باید با صدای سوت و اشاره دست، فرمان شروع را صادر کند (موقعیت آزمونگر در خط پایان است) و بلافاصله پس از عبور آزمودنی از خط پایان زمان را متوقف سازد. این آزمون برای هر نفر ۲ بار اجرا می‌شود و بهترین رکورد ثبت می‌شود. زمان به صدم ثانیه بود و به صورت پس‌رونده است یعنی هر چه زمان حرکت کمتر باشد، عملکرد بهتر بوده است.

2. Star Excursion Balance Test (SEBT)  
3. Flexibility Board Test

## آزمون تعادل تست ستاره

نام دیگر آن نشستن و رسیدن دست و انعطاف تنه و لگن است. در سال‌های اخیر، محققان و متخصصان کالج آمریکایی پزشکی ورزشی<sup>۴</sup> این روش را براساس تفاوت‌های فردی در طول دست افراد اصلاح کردند. به این منظور آزمودنی‌ها در حالت نشسته و در وضعیتی که تنه نسبت به اندام تحتانی در وضعیت عمود قرار دارد، ابتدا فاصله دستان کشیده شده در این حالت تا تخته مندرج اندازه‌گیری و سپس به آزمودنی اجازه داده می‌شود بدون خم کردن زانوها تا جایی که می‌تواند به سمت پایین و جلو خم شود و با ۲ ثانیه مکث در لحظه اوج کشیدگی بدن و دستان فاصله روی تخته مندرج ثبت می‌شود. اختلاف این ۲ حالت به‌عنوان میزان انعطاف‌پذیری عضلات کمر و همسترینگ ثبت می‌شود

برای تحلیل داده‌ها در کنار آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار و غیره) از آزمون کولموگوروف اسمیرنوف<sup>۵</sup> برای بررسی توزیع نرمال متغیرها، از تحلیل کوواریانس<sup>۶</sup> برای بررسی تغییرات متغیرها طی مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون و آزمون تعقیبی بونفرونو<sup>۷</sup> برای مقایسه اثرات گروه آزمایش پلائیومتریک با گروه آزمایش مقاومتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی از نسخه ۲۴ نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

## یافته‌ها

مشخصات آزمودنی‌ها شامل سن و شاخص توده بدنی<sup>۸</sup> به‌طور جداگانه در گروه آزمایش (پلائیومتریک و مقاومتی) و گروه کنترل ارائه شده است (جدول شماره ۱).

همان‌طور که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود، در گروه آزمایش (پلائیومتریک و مقاومتی) بعد از تمرین تغییرات میانگین در پارامترهای بیومکانیکی انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و سرعت بیشتر بوده است. همچنین از تغییرات میانگین در گروه‌های آزمایش می‌توان استنباط کرد که تغییرات گروه آزمایش پلائیومتریک نسبت به گروه آزمایش مقاومتی (به جز متغیر تعادل) اثر افزایشی دارد، اما نمرات پارامترهای مکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و قدرت)،

برای اندازه‌گیری تعادل پویا از آزمون ستاره استفاده شد. در این آزمون ۸ جهت به‌صورت ستاره روی زمین رسم شدند و با زاویه ۴۵ درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفتند. برای این آزمون و نیز برای نرمال کردن اطلاعات، طول واقعی پا، یعنی از خار خاصه قدامی فوقانی تا قوزک داخلی پا اندازه‌گیری شد. پس از توضیحات و تذکرات آزمونگر درباره نحوه اجرای آزمون، هر آزمودنی ۶ بار این آزمون را تمرین می‌کرد تا با روش اجرای آن آشنا شود. در ضمن قبل از شروع آزمون، پای برتر آزمودنی‌ها تعیین می‌شد تا در صورت برتری پای راست، آزمون در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و در صورت برتری پای چپ، آزمون در جهت عقربه‌های ساعت انجام شود.

نحوه شروع کار بدین صورت بود که آزمودنی در مرکز ستاره می‌ایستاد، روی پای برتر (تک پا) قرار می‌گرفت و با پای دیگر تا آنجا که خطا نکند، عمل دستیابی را انجام می‌داد. عدم حرکت پای اتکا از مرکز ستاره، یعنی حفظ سطح اتکا هنگام دستیابی، روی پای غیربرتر که عمل دستیابی را انجام می‌دهد. هنگام تماس بخش دیستال با زمین، فرد نباید تکیه کند، نباید بیفتد و به‌عبارتی شخص بتواند تعادل خود را در هر نقطه‌ای از کوشش حفظ کند، عمل دستیابی را انجام دهد و دوباره به حالت طبیعی بازگردد. در غیر این صورت، کوشش متوقف شده و مجدداً تکرار می‌شود. فاصله محل پای آزاد تا مرکز ستاره، فاصله دستیابی است. هر آزمودنی، حرکت در هریک از جهت‌ها را ۳ بار انجام می‌داد و درنهایت، میانگین آن‌ها محاسبه و بر طول پا (برحسب سانتی‌متر) تقسیم و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شد تا فاصله دستیابی برحسب درصدی از اندازه طول پا به‌دست آید، به‌طوری‌که میانگین هر جهت به‌صورت مجزا محاسبه و ثبت می‌شد. هدف از انجام عمل دستیابی در این آزمون، حفظ تعادل هنگام ایجاد حداکثر اختلال در موازنه بدن و توانایی برگشت به حالت تعادل بود [۲۴].

## آزمون تخته انعطاف‌پذیری

جدول ۱. مشخصات آنتروپومتریکی گروه‌های مطالعه‌شده

گروه آزمایشی	متغیر	میانگین ± انحراف معیار
پلائیومتریک	سن (سال)	۲۷/۱۳ ± ۱۵/۴۵
مقاومتی	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۸/۷۸ ± ۲۱/۵۵
کنترل	سن (سال)	۲۷/۱۳ ± ۱۵/۲۷

جدول ۲. مقایسه میانگین و انحراف معیار پارامترهای بیومکانیکی در ۳ گروه مطالعه شده براساس پیش‌آزمون و پس‌آزمون

آزمون	مرحله	میانگین $\pm$ انحراف معیار	
		پلايومتریک	مقاومتی
انعطاف‌پذیری	پیش‌آزمون	۱۷/۵۰ $\pm$ ۲/۴	۱۷/۷۵ $\pm$ ۲/۹
	پس‌آزمون	۱۹/۷۵ $\pm$ ۲/۵	۱۹/۹۰ $\pm$ ۲/۶
تعادل	پیش‌آزمون	۱۱/۴۵ $\pm$ ۲/۳	۱۰/۱۰ $\pm$ ۲/۶
	پس‌آزمون	۱۳/۲۰ $\pm$ ۲/۹	۱۲/۴۰ $\pm$ ۲/۴
توان	پیش‌آزمون	۱۹/۹۵ $\pm$ ۳/۳	۲۰/۷۵ $\pm$ ۴/۴
	پس‌آزمون	۲۴/۳۰ $\pm$ ۲/۶	۲۳/۴۰ $\pm$ ۴/۴
سرعت	پیش‌آزمون	۰/۶۸ $\pm$ ۰/۱	۰/۶۷ $\pm$ ۰/۱
	پس‌آزمون	۰/۷۲ $\pm$ ۰/۱	۰/۶۹ $\pm$ ۰/۱

طب توانبخشی

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل آماری حاکی از آن است که آزمایشات سرعتی بر متغیرهای بیومکانیکی منتخب (آزمون انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و قدرت) پسران ۱۲ تا ۱۷ ساله تأثیرگذار است ( $P < ۰/۰۵$ ) (جدول شماره ۴). همچنین باتوجه به اندازه اثر مشاهده‌شده، می‌توان نتیجه گرفت که میزان اثربخشی آزمایشات پلايومتریک بر (آزمون انعطاف‌پذیری:  $\eta^2 = ۰/۴۰$ )، (آزمون تعادل:  $\eta^2 = ۰/۱۰$ )، (آزمون توان:  $\eta^2 = ۰/۲۶$ ) و (آزمون قدرت:  $\eta^2 = ۰/۰۷$ ) گزارش شده است. توان آماری هم حاکی از دقت آماری بسیار بالا و کفایت حجم نمونه است.

گروه کنترل در مراحل پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش یا افزایشی نشان نمی‌دهد.

از پیش‌فرض‌های آزمون تحلیل واریانس در جامعه آماری پژوهش حاضر، مقدار سطح معناداری آزمون ام‌پاکس<sup>۱</sup> برای فرضیه‌های پژوهش بیشتر از سطح معناداری ملاک است ( $\text{Sig} = ۰/۵۴۷ \geq ۰/۰۵$ )؛ بنابراین از این مفروضه تخطی نشده است. سطوح معناداری همه آزمون‌ها در جدول شماره ۳ نشان‌دهنده این است که بین گروه‌های آزمایشی پلايومتریک، مقاومتی و کنترل حداقل در یکی از متغیرهای وابسته به هم تفاوت معنادار وجود دارد.

9. Box's M test

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیری بر نمرات پس‌آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی در گروه‌های آزمایشی پلايومتریک و مقاومتی و کنترل با کنترل پیش‌آزمون

آزمون	ارزش	F	فرضیه DF	خطا DF	سطح معناداری
اثربخشی	۰/۵۵۴	۵/۲۶۵	۴	۵۴	۰/۰۰۰
لامبدای ویلکز	۰/۴۵۷	۶/۴۶۹	۴	۵۴	۰/۰۰۰
اثرهتینگ	۱/۱۶۴	۷/۷۱۲	۴	۵۴	۰/۰۰۰
بزرگ‌ترین ریشه خطا	۱/۱۴۳	۱۵/۷۲۱	۴	۵۴	۰/۰۰۰

طب توانبخشی



جدول ۴. نتایج آزمون اثر گروه آزمایشی پلائیومتریک بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی

متغیر	منابع تغییرات	SS	df	MS	F	SIG	n(اندازه اثر)
انعطاف‌پذیری	تضاد	۳۱۹/۲۲۵	۱	۳۱۹/۲۲۵	۲۶/۰۵۶	۰/۰۰۰	۰/۴۰
	خطا	۴۶۵/۵۵۰	۳۸	۱۲/۲۵۱			
تعادل	تضاد	۳۰/۶۲۵	۱	۳۰/۶۲۵	۴/۲۱۴	۰/۰۰۴	۰/۱۰
	خطا	۲۷۶/۱۵۰	۳۸	۷/۲۶۷			
توان	تضاد	۲۱۱/۶۰۰	۱	۲۱۱/۶۰۰	۱۳/۸۰۶	۰/۰۰۱	۰/۲۶
	خطا	۵۸۲/۴۰۰	۳۸	۱۵/۳۲۶			
سرعت	تضاد	۰/۰۵۷	۱	۰/۰۵۷	۳/۱۸۴	۰/۰۸۲	۰/۰۷
	خطا	۰/۶۸۰	۳۸	۰/۰۱۸			

## طب توانبخشی

## بحث

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین پلائیومتریک و مقاومتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و قدرت) پسران نوجوان دو و میدانی کار بود. نتایج نشان داد ۸ هفته آزمایش مقاومتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و قدرت) پسران نوجوان ورزشکار (دو و میدانی) اثر معناداری دارد. این نتیجه با نتایج آلونسو و همکاران [۱۹]، استریکر و همکاران [۲۰]، داوز و همکاران [۲۱] و برنکو و همکاران [۲۲] همسو است.

در تبیین نتایج پژوهش می‌توان گفت در آزمایشات مقاومتی، کشش عضله و تغییرات هورمونی، موجب فعال شدن مسیرهای آبخاری بیان ژن‌ها و پروتئین‌سازی شده که علاوه بر تغییرات متابولیکی، موجب تغییرات ساختاری به‌ویژه در زنجیره سنگین میوزین می‌شود. افزایش پروتئین‌های عضله، در نهایت سبب هایپرتروفی یا افزایش اندازه و

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل آماری حاکی از آن است که آزمایشات مقاومتی بر متغیرهای بیومکانیکی منتخب (آزمون انعطاف‌پذیری، تعادل و توان) تأثیرگذار است ( $P < 0/05$ ) (جدول شماره ۵)، اما برای آزمون سرعت اثر معناداری مشاهده نشد. همچنین با توجه به اندازه اثر مشاهده‌شده، می‌توان نتیجه گرفت که میزان اثربخشی آزمایشات مقاومتی بر (آزمون انعطاف‌پذیری:  $\eta^2 = 0/36$ )، (آزمون تعادل:  $\eta^2 = 0/06$ ) و (آزمون توان:  $\eta^2 = 0/16$ ) گزارش شده است. توان آماری هم حاکی از دقت آماری بسیار بالا و کفایت حجم نمونه است.

نتایج آزمون تعقیبی مقایسه میانگین تفاوت بین گروه آزمایشی پلائیومتریک با گروه آزمایشی مقاومتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی نشان می‌دهد که تفاوت میانگین‌ها از نظر آماری معنادار است ( $P > 0/001$ ) (جدول شماره ۶)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گروه آزمایشی پلائیومتریک بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی اثربخشی بیشتری نسبت به گروه آزمایشی مقاومتی در پسران ۱۲ تا ۱۷ ساله دارد.

جدول ۵. نتایج آزمون اثر گروه آزمایشی مقاومتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی

متغیر	منابع تغییرات	SS	Df	MS	F	SIG	n(اندازه اثر)
انعطاف‌پذیری	تضاد	۳۳۶/۴۰۰	۱	۳۳۶/۴۰۰	۲۱/۶۰۸	۰/۰۰۰	۰/۳۶
	خطا	۵۹۱/۶۰۰	۳۸	۱۵/۵۶۸			
تعادل	تضاد	۹/۰۲۵	۱	۹/۰۲۵	۲/۵۴۷	۰/۰۰۰	۰/۰۶
	خطا	۲۲۱/۷۵۰	۳۸	۵/۸۲۶			
توان	تضاد	۱۳۶/۹۰۰	۱	۱۳۶/۹۰۰	۷/۳۳۷	۰/۰۰۱	۰/۱۶
	خطا	۷۰۹/۰۰	۳۸	۱۸/۶۵۸			
سرعت	تضاد	۰/۰۲۶	۱	۰/۰۲۶	۲/۴۵۴	۰/۰۲۳	۰/۰۳
	خطا	۰/۶۶	۳۸	۰/۰۱۸			

## طب توانبخشی

جدول ۶. مقایسه تأثیر گروه‌های آزمایشی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی

گروه‌ها	sig		آزمون
	مقاومتی و کنترل	پلائیومتریکی و کنترل	
انعطاف‌پذیری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	پلائیومتریکی و مقاومتی
تعادل	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	
توان	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	
سرعت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	

طب توانبخش

منتخب بیومکانیکی در افراد نمونه می‌تواند به چند عامل بستگی داشته باشد، مقداری از آن به افزایش قدرت بازکننده‌های ران، زانو و مچ پا از طریق افزایش تارچه‌های عضلانی، افزایش اندازه تارهای عضلانی و فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر در اثر آزمایشات پلائیومتریکی مربوط می‌شود [۳]. مقداری هم به نیروی انقباض درون‌گرا وابسته است، به طوری که در آزمایشات پلائیومتریکی ۲ نقطه انقباض برون‌گرا<sup>۱۳</sup> و درون‌گرای<sup>۱۴</sup> سریع وجود دارد [۵].

در مرحله برون‌گرا که عضلات چهارسر ران و دوقلو به سرعت دچار کشیدگی می‌شوند، اجزای الاستیک نیز تحت کشش قرار می‌گیرند؛ بنابراین قسمتی از نیرو به شکل انرژی پتانسیل الاستیک ذخیره می‌شود و در انقباض درون‌گرا این انرژی آزاد و سبب افزایش نیرو و سرعت حرکت می‌شود [۶]. در نهایت، هماهنگی عصبی عضلانی ناشی از آزمایشات پلائیومتریکی نیز باعث بهبود قابلیت‌های جسمانی حرکتی می‌شود [۱۱]؛ بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده آزمایشات پلائیومتریکی می‌تواند در برنامه تمرینی نوجوانان دو و میدانی کار قرار گیرد و فاکتورهای جسمانی آن‌ها را بهبود دهد.

همچنین ۸ هفته آزمایش پلائیومتریکی اثربخشی بیشتری نسبت به آزمایشات مقاومتی و بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و سرعت) پسران نوجوان ورزشکار (دو و میدانی) دارد. در این راستا، می‌توان گفت آزمایشات پلائیومتریکی با افزایش خاصیت الاستیکی عضلات و بهبود عملکرد عضله، باعث کاهش زمان رسیدن به حداکثر قدرت در زمان اجرا می‌شود. همچنین با درگیر کردن تارهای عضلانی بیشتر و فعال شدن دوک‌های عضلانی سازگاری‌های عصبی عضلانی بیشتری در نسبت به آزمایشات مقاومتی ایجاد می‌کند و در نهایت، موجب آمادگی بیشتر دستگاه عصبی عضلانی می‌شود [۱۴].

بر اساس نتایج پژوهش حاضر به مربیان رشته‌های دو و میدانی پیشنهاد می‌شود تا از آزمایشات مقاومتی و پلائیومتریکی در برنامه‌های آماده‌سازی ورزشکاران استفاده کنند و با توجه به نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر استفاده از آزمایشات پلائیومتریکی مورد تأکید بیشتری قرار دارد.

قطر تار می‌شود که آن نیز رابطه مستقیم با افزایش قدرت دارد [۲]. عقیده بر این است که تجمع متابولیت‌ها باعث ترشح هورمون رشد<sup>۱۰</sup> از هیپوفیز و در نتیجه افزایش رشد عضله می‌شود [۳].

بر اساس برخی تحقیقات انجام شده، غلظت هورمون رشد، نوراپی‌نفرین<sup>۱۱</sup> و فاکتور رشد شبه انسولین<sup>۱۲</sup> بعد از آزمایشات مقاومتی افزایش می‌یابد [۲۱]. این سازوکارها، هایپرتروفی ناشی از آزمایشات مقاومتی را در تحقیقات ذکر شده توجیه می‌کند. هر چند، تفاوت‌هایی نیز در تحقیقات مختلف به چشم می‌خورد که می‌تواند به تعداد، سن آزمودنی‌ها، جنسیت، نوع برنامه آزمایشی شامل شدت و مدت آزمایشات، تعداد و نوع حرکات انجام شده، فواصل استراحت و تعداد جلسات آزمایش در هفته مربوط باشد [۴].

همچنین افزایش تعادل در گروه‌های آزمایشات مقاومتی را می‌توان به دلیل فعال‌سازی گیرنده‌های حسی عمقی، آماده‌سازی نورون‌های حرکتی در گروهی از عضلات و مفاصل برای انجام حرکت، افزایش هماهنگی و یکپارچگی واحدهای حرکتی، هم‌انقباضی عضلات همکار و افزایش بازدارندگی عضلات مخالف دانست. آزمایشات مقاومتی بر تغییرات عصبی عضلانی ورزشکاران تأثیر می‌گذارد و موجب بهبود و توسعه هماهنگی عصبی عضلانی می‌شود. ورزشکار در آزمایشات مقاومتی بیشتر به تعادل نیاز دارد و از یکپارچگی گیرنده‌های حسی عمقی و هماهنگی عضلات در فعالیت‌های هم‌انقباضی بهره می‌گیرد [۹].

با توجه به اثربخشی ورزشکار مقاومتی بر بهبود فاکتورهای عملکردی دو و میدانی کاران نوجوان پیشنهاد می‌شود تا مربیان از این آزمایشات برای آماده‌سازی و بهبود عملکرد نوجوانان این رشته استفاده کنند.

نتایج پژوهش نشان داد ۸ هفته آزمایش پلائیومتریکی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و قدرت) پسران نوجوان ورزشکار (دو و میدانی) اثر معناداری دارد. مطالعات گذشته نیز گزارش کردند آزمایش پلائیومتریکی باعث بهبود در جسمانی در نوجوانان ورزشکار می‌شود [۵، ۶، ۱۲]. در راستای تبیین نتایج به دست آمده می‌توان گفت بهبود متغیرهای

- 10. Growth Hormone (GH)
- 11. Norepinephrine
- 12. Insulin-like growth factor 1 (IGF-1)

- 13. Extroverted Contraction
- 14. Introverted Contraction

## نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد ۸ هفته آزمایش پلايومتریک و مقاومتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی پسران نوجوان دو و میدانی کار نسبت به گروه کنترل اثر معناداری دارد. نتایج آزمون تعقیبی نشان داد گروه آزمایشی پلايومتریک بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی اثربخشی بیشتری نسبت به گروه آزمایشی مقاومتی در پسران ۱۲ تا ۱۷ ساله دارد. نتایج این پژوهش می‌تواند در زمینه ارتقای عملکرد جسمانی ورزشکاران نوجوان دو و میدانی مؤثر باشد و زمینه بهبود رکوردها را در رقابت‌های آنان افزایش دهد.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش، ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی در نظر گرفته شد و کد اخلاق به شماره IR.IAU.CTB.REC.1401.019 دریافت شد.

### حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه محمدرضا صادق‌خانی با راهنمایی حیدر صادقی و مشاوره حسن متین‌همایی در گروه بیومکانیک ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی است.

### مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

### تشکر و قدردانی

از همه مربیان، ورزشکاران و خانواده‌های محترم افراد شرکت‌کننده در پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

## References

- [1] Sporiš G, Naglič V, Milanović L, Talović M, Jelešković E. Fitness profile of young elite basketball players (cadets). *Acta Kinesiologicala*. 2010; 4(2):62-8. [Link]
- [2] Assuncao AR, Bottaro M, Ferreira-Junior JB, Izquierdo M, Cadore EL, Gentil P. The chronic effects of low-and high-intensity resistance training on muscular fitness in adolescents. *Plos One*. 2016; 11(8):e0160650. [DOI:10.1371/journal.pone.0160650] [PMID] [PMCID]
- [3] Falch HN, Rædergård HG, van den Tillaar R. Association of strength and plyometric exercises with change of direction performances. *Plos One*. 2020; 15(9):e0238580. [DOI:10.1371/journal.pone.0238580] [PMID] [PMCID]
- [4] Goli Z, Jalali Dehkordi K, Sharifi G. Comparison of the effects of eight weeks of resistance training and ginseng supplementation on growth hormone and insulin resistance in Syrian male mice under lower extremity suspension conditions. *EBNESINA*. 2020; 22(2):24-35. [DOI:10.22034/22.2.24]
- [5] Pancar Z. Effect of short-term plyometric exercises on element metabolism in adolescents. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*. 2020; 5(4):566-72. [DOI:10.31680/gaunjs.822300]
- [6] Eraslan L, Castelein B, Spanhove V, Orhan C, Duzgun I, Cools A. Effect of plyometric training on sport performance in adolescent overhead athletes: A systematic review. *Sports Health*. 2021; 13(1):37-44. [DOI:10.1177/1941738120938007] [PMID] [PMCID]
- [7] López-Segovia M, Andrés JMP, González-Badillo JJ. Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010; 24(10):2705-14. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3181cc237d] [PMID]
- [8] Overend TJ, Paterson DH, Cunningham DA. The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. *Canadian Journal of Sport Sciences*. 1992; 17(2):129-34. [PMID]
- [9] Lee M, Timothy JC. Cross education: Possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Medicine*. 2007; 37(1):1-14. [DOI:10.2165/00007256-200737010-00001] [PMID]
- [10] Creer AR, Ricard MD, Conlee RK, Hoyt GL, Parcell AC. Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. *International Journal of Sports Medicine*. 2004; 25(2):92-8. [DOI:10.1055/s-2004-819945] [PMID]
- [11] Tillaar RVD, Roaas TV, Oranchuk D. Comparison of effects of training order of explosive strength and plyometrics training on different physical abilities in adolescent handball players. *Biology of Sport*. 2020; 37(3):239-46. [DOI:10.5114/biolSport.2020.95634] [PMID] [PMCID]
- [12] Chomani SH, Dzai AM, Khoshnaw KK, Joksimovic M, Lilic A, Mahmood A. Effect of aquatic plyometric training on motor ability in youth football players. *Health, Sport, Rehabilitation*. 2021; 7(1):66-76. [DOI:10.34142/HSR.2021.07.01.06]
- [13] Banks S. The effects of a 6-week plyometric exercise program on vertical jump height and perceived physical ability in adolescent female basketball players [PhD thesis]. Fresno: California State University; 2020. [Link]
- [14] De Leonardis M, Greco G. Effects of a plyometric supplemental training on vertical jump height and aesthetic jumping ability in adolescent female dancers. *European Journal of Physical Education and Sport Science*. 2020; 36(4):125-42. [DOI:10.46827/ejpe.v0i0.2890]
- [15] Ploutz LL, Tesch PA, Biro RL, Dudley GA. Effect of resistance training on muscle use during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1994; 76(4):675-81. [DOI:10.1152/jap-1994.76.4.1675] [PMID]
- [16] Jung AP. The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Medicine*. 2003; 33(7):539-52. [DOI:10.2165/00007256-200333070-00005] [PMID]
- [17] Paavolainen L. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of running performance in endurance athletes: With special reference to explosive-strength training. Jyväskylä: University of Jyväskylä; 1999. [Link]
- [18] Marcinik EJ, Potts J, Schlabach G, Will S, Dawson P, Hurley BF. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1991; 23(6):739-43. [DOI:10.1249/00005768-199106000-00014] [PMID]
- [19] Alonso-Aubin DA, Chulvi-Medrano I, Cortell-Tormo JM, Picón-Martínez M, Rial Rebullido T, Faigenbaum AD. Squat and bench press force-velocity profiling in male and female adolescent Rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021; 35(Suppl 1):S44-50. [DOI:10.1519/JSC.0000000000003336] [PMID]
- [20] Stricker PR, Faigenbaum AD, McCambridge TM, Council on Sports Medicine and Fitness. Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics*. 2020; 145(6):e20201011. [DOI:10.1542/peds.2020-1011] [PMID]
- [21] Dowse RA, McGuigan MR, Harrison C. Effects of a resistance training intervention on strength, power, and performance in adolescent dancers. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2020; 34(12):3446-53. [DOI:10.1519/JSC.0000000000002288] [PMID]
- [22] Magnani Branco BH, Carvalho IZ, Garcia de Oliveira H, Fanchani AP, Machado Dos Santos MC, Pestillo de Oliveira L, et al. Effects of 2 types of resistance training models on obese adolescents' body composition, cardiometabolic risk, and physical fitness. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2020; 34(9):2672-82. [DOI:10.1519/JSC.0000000000002877] [PMID]
- [23] Amin Ahmadi R, Haghighi A, Hamedinia M. [Effect of plyometric and sprint interval training programs on performance and some factors of physical fitness of teenager soccer players (Persian)]. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2017; 13(25):197-210. [DOI:10.22080/JAEP.2017.1621]
- [24] Roshandel Hesari A, Roshandel Hesari A. [Investigation of static and dynamic balance in school basketball players with a history of ankle injury (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2020; 6(2):86-97. [DOI:10.32598/biomechanics.6.2.1]